

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 1 月 8 日 (08.01.2004)

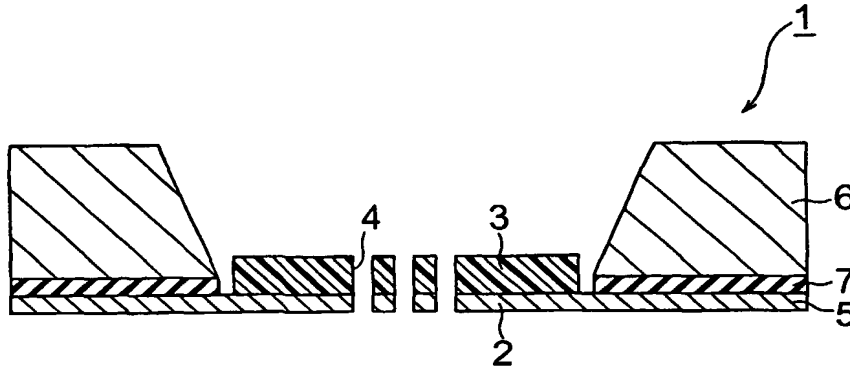
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/003985 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/265 (KOIKE, Kaoru) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/007377
- (22) 国際出願日: 2003 年 6 月 10 日 (10.06.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2002-186232 2002 年 6 月 26 日 (26.06.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小池 薫
- (74) 代理人: 佐藤 隆久 (SATO, Takahisa); 〒111-0052 東京都台東区柳橋 2 丁目 4 番 2 号 宮木ビル 4 階 創造国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): JP, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: MASK AND PRODUCTION METHOD THEREFOR AND PRODUCTION METHOD FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: マスクおよびその製造方法並びに半導体装置の製造方法



(57) Abstract: A high-durability mask having a sufficient strength to survive ion implantation and a production method therefore, and a production method for a semiconductor device using such a mask. A mask comprising a thin film, a protection film formed on the part of the thin film and preferably consisting of photosensitive resin, a support frame formed on the thin film so as to surround the protection film, and holes formed in the thin film and the protection film to allow a charged particle beam or an electromagnetic wave incident to a protection-film side to pass therethrough and a production method therefore, and a production method for a semiconductor device including an ion implanting step using it.

(57) 要約: イオン注入に十分な強度を持つ耐久性の高いマスクおよびその製造方法と、そのようなマスクを用いた半導体装置の製造方法を提供する。薄膜と、薄膜上の一部に形成された、好適には感光性樹脂からなる保護膜と、薄膜上に保護膜を囲むように形成された支持枠と、薄膜および保護膜に形成された孔であって、保護膜側に入射する荷電粒子線または電磁波を透過させる孔とを有するマスクおよびその製造方法と、それを用いたイオン注入工程を含む半導体装置の製造方法。

## 明 細 書

## マスクおよびその製造方法並びに半導体装置の製造方法

## 5 技術分野

本発明は、マスクおよびその製造方法並びに半導体装置の製造方法に関し、特に、イオン注入工程に用いられるマスクおよびその製造方法と、イオン注入にステンシルマスクを用いる半導体装置の製造方法に関する。

## 10 背景技術

半導体装置の製造において、イオン注入工程はチャネル領域の作製等に不可欠である。しかしながら、イオン注入工程でレジストに打ち込まれるイオンによってレジストが変性し、イオン注入後のレジストを剥離しにくくなるという問題がある。また、レジストをイオン注入のマスクとして使用する場合、レジスト塗布、  
15 リソグラフィおよびレジスト剥離といった一連の工程が必要となり、半導体装置の製造コストを押し上げる要因となっている。

これらの問題点を解決できる方法として、2000 IEEE International Electron Devices Meeting (2000 IEDM)においてステンシルマスクを用いるイオン注入方法が発表されている。この技術によれば、シリコン製のステンシルマスク（開口  
20 部を持つマスク）を用いて、所望の位置にイオンが打ち込まれる。

従来のイオン注入用ステンシルマスクの製造方法の一例を、図1を参照して説明する。まず、図1Aに示すように、SOI基板101の両面に例えばシリコン窒化膜102、103を形成する。SOI基板101はシリコン基板104上にシリコン酸化膜105を介してシリコン層106を有する。シリコン窒化膜10  
25 3はシリコン基板104にエッチングを行う際に、エッチングマスクとして用いられる。

あるいは、シリコン窒化膜102、103のかわりにシリコン酸化膜を形成してもよい。シリコン窒化膜102、103（またはシリコン酸化膜）の膜厚は例えば10～1000nm程度とし、シリコン基板104の厚さ等を考慮して決定する。ここでは、例えば膜厚200nmのシリコン窒化膜102、103を形成する。

次に、図1Bに示すように、シリコン基板104の裏面にシリコン窒化膜103を介してフォトレジスト（不図示）を形成し、フォトレジストをマスクとしてシリコン窒化膜103にドライエッチングを行う。メンブレン形成領域のシリコン窒化膜103を除去してから、フォトレジストを除去する。

10 次に、図1Cに示すように、シリコン窒化膜103をマスクとしてシリコン基板104に例えばウェットエッチングを行い、メンブレン形成領域のシリコン基板104を除去する。これにより、シリコン基板104からなる支持枠（フレーム）107が形成される。シリコン基板104のエッチングにおいて、シリコン酸化膜105はエッチングストッパー層となる。

15 次に、図1Dに示すように、シリコン窒化膜102、103を除去する。続いて、図1Eに示すように、シリコン層106の表面にイオン注入用パターンで窓を有するフォトレジスト（不図示）を形成してから、フォトレジストをマスクとしてシリコン層106にドライエッチングを行う。シリコン層106に孔108を形成した後、フォトレジストを除去する。

20 その後、図1Fに示すように、シリコン酸化膜105に裏面側（フレーム107側）からドライエッチングまたはウェットエッチングを行い、メンブレン部分のシリコン酸化膜105を除去する。このドライエッチングには、例えば $\text{CF}_4$ を用いることができる。ウェットエッチングには、例えばフッ酸（ $\text{HF}$ ）を用いることができる。以上の工程により、イオン注入に使用できるステンシルマスクが作製される。

しかしながら、上記のステンシルマスクを用いてイオン注入を行うと、マスク

自体にもイオンが打ち込まれるため、イオン注入ドーズ量に応じてマスク強度が劣化する。電子線リソグラフィーやイオンビームリソグラフィー等に用いられる転写用ステンシルマスクの機械的強度を向上させる方法として、例えばマスクに金属導電層を設けたり、多層誘電体コーティングを設けたりする方法が知られている。しかしながら、これらの方法によってマスクを補強した場合にも、高ドーズイオン注入に対しては、実用的に十分な耐久性が得られない。

### 発明の開示

本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、したがって本発明は、イオン注入に十分な強度を持つ耐久性の高いマスクおよびその製造方法と、そのようなマスクを用いた半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

上記の目的を達成するため、本発明のマスクは、薄膜と、前記薄膜上の一部に形成された保護膜と、前記薄膜上に前記保護膜を囲むように形成された支持枠と、前記薄膜および保護膜に形成され、前記保護膜側に入射する荷電粒子線または電磁波を透過させる孔とを有することを特徴とする。

これにより、薄膜に照射される荷電粒子線のエネルギーが保護膜で吸収され、薄膜の長寿命化が可能となる。荷電粒子線の入射により保護膜が劣化した場合、保護膜のみ交換することも可能である。したがって、半導体装置の製造におけるマスク作製コストの低減も可能となる。

あるいは、本発明のマスクは、第1の薄膜と、前記第1の薄膜の第1面上の一部に形成された支持枠と、前記第1の薄膜の第2面に形成された第2の薄膜と、前記支持枠で囲まれた部分の前記第1および第2の薄膜に形成され、前記第1面側に入射する荷電粒子線または電磁波を透過させる孔とを有し、前記第1の薄膜と前記第2の薄膜の少なくとも一方に、内部応力を制御するように不純物が導入されていることを特徴とする。

これにより、薄膜に照射される荷電粒子線に対するマスクの耐久性を高くする

ことが可能となる。したがって、マスクの長寿命化が可能となる。

上記の目的を達成するため、本発明のマスクの製造方法は、基材上に犠牲膜を介して薄膜を形成する工程と、前記基材の一部を前記犠牲膜が露出するまで除去し、前記基材からなる支持枠を形成する工程と、前記支持枠が形成されていない部分の前記薄膜に、第1の孔を形成する工程と、前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程と、前記薄膜の前記支持枠側の第1面であって、前記支持枠が形成されていない部分に保護膜を形成する工程と、前記第1の孔に自己整合的に前記保護膜に第2の孔を形成する工程とを有することを特徴とする。

あるいは、本発明のマスクの製造方法は、基材上に犠牲膜を介して第1の薄膜を形成する工程と、前記第1の薄膜に不純物を注入し、前記第1の薄膜の内部応力を調整する工程と、前記第1の薄膜上に第2の薄膜を形成する工程と、前記基材の一部を前記犠牲膜が露出するまで除去し、前記基材からなる支持枠を形成する工程と、前記支持枠が形成されていない部分の前記第1および第2の薄膜に孔を形成する工程と、前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程とを有することを特徴とする。

これにより、荷電粒子線または電磁波の照射に対する耐久性が高いマスクを製造することが可能となる。

さらに、上記の目的を達成するため、本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板の所望の領域にマスクを介してイオン注入を行う工程を含む半導体装置の製造方法であって、前記マスクとして、薄膜と、前記薄膜上の一部に形成された保護膜と、前記薄膜上に前記保護膜を囲むように形成された支持枠と、前記薄膜および保護膜に形成された孔であって、前記保護膜に入射する荷電粒子線を透過させる孔とを有するマスクを用いることを特徴とする。

あるいは、本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板の所望の領域にマスクを介してイオン注入を行う工程を含む半導体装置の製造方法であって、前記マスクとして、第1の薄膜と、前記第1の薄膜の第1面上の一部に形成された支持

枠と、前記第 1 の薄膜の第 2 面に形成された第 2 の薄膜と、前記支持枠で囲まれた部分の前記第 1 および第 2 の薄膜に形成され、前記第 1 面側に入射する荷電粒子線または電磁波を透過させる孔とを有し、前記第 1 の薄膜と前記第 2 の薄膜の少なくとも一方に、内部応力を制御するように不純物が導入されているマスクを用いることを特徴とする。

これにより、イオン注入によるマスクの損傷を低減し、マスクを長寿命化することが可能となる。また、本発明の半導体装置の製造方法によれば、イオン注入のためのレジストが不要であり、半導体装置製造のコストおよび所要時間を大幅に削減できる。

10

#### 図面の簡単な説明

図 1 A～1 F は、従来のマスクの製造方法の製造工程を示す断面図である。

図 2 は、本発明の実施形態 1 に係るマスクの断面図である。

図 3 A～図 3 L は、本発明の実施形態 1 に係るマスクの製造方法の製造工程を示す断面図である。

図 4 は、本発明の実施形態 2 に係るマスクの断面図である。

図 5 A～図 5 H は、本発明の実施形態 2 に係るマスクの製造方法の製造工程を示す断面図である。

図 6 は、本発明の実施形態 3 に係る半導体装置の製造方法を示すフローチャートである。

図 7 は、本発明の実施形態 4 に係る半導体装置の製造方法を示すフローチャートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明のマスクおよびその製造方法並びに半導体装置の製造方法の実施の形態について、図面を参照して説明する。

## 実施形態 1

図 2 は本実施形態のマスクの断面図である。ステンシルマスク 1 はメンブレン 2 上に保護膜 3 を有し、メンブレン 2 と保護膜 3 にはイオンビームが通過する孔 4 が形成されている。ステンシルマスク 1 を用いてイオン注入を行う場合には、イオンビームは保護膜 3 側に入射して、孔 4 を透過した後、メンブレン 2 側に配置された半導体基板の所望の位置に打ち込まれる。

メンブレン 2 はシリコン層 5 の一部であり、支持枠（フレーム）6 によって支持されている。シリコン層 5 とフレーム 6 の間のシリコン酸化膜 7 は、フレーム 6 を形成する工程でエッチングストッパー層として用いられる。保護膜 3 は、メンブレン 2 のイオンビームが入射する側の面に形成される。本実施形態 1 のステンシルマスク 1 には、保護膜 3 として例えば厚さ  $10\ \mu\text{m}$  のポリメタクリル酸メチル（メタクリル樹脂）（PMMA）フィルムを用いるが、他の樹脂フィルムを用いることもできる。

保護膜として感光性樹脂フィルムを用いた場合、後述するように、露光により保護膜に孔を形成できるが、保護膜にエッチングを行って孔を形成する場合には、保護膜の材料は感光性樹脂に限定されない。メンブレン 2 に損傷を与えずに剥離できるものであれば、樹脂以外の材料からなる保護膜を形成してもよい。

次に、上記の本実施形態のマスクの製造方法について、図 3 を参照して説明する。まず、図 3 A に示すように、SOI 基板 11 の両面に例えばシリコン窒化膜 12、13 を形成する。SOI 基板 11 はシリコン基板 14 上にシリコン酸化膜 7 を介してシリコン層 5 を有する。シリコン窒化膜 13 はシリコン基板 14 にエッチングを行う際に、エッチングマスクとして用いられる。

あるいは、シリコン窒化膜 12、13 のかわりにシリコン酸化膜を形成してもよい。シリコン窒化膜 12、13（またはシリコン酸化膜）の膜厚は例えば  $10\sim 1000\ \text{nm}$  程度とし、シリコン基板 14 の厚さ等を考慮して決定する。ここでは、例えば膜厚  $200\ \text{nm}$  のシリコン窒化膜 12、13 を形成する。

次に、図3Bに示すように、シリコン基板14の裏面にシリコン窒化膜13を介してフォトレジストを塗布してから、露光・現像を行い、メンブレン形成領域に窓を有するフォトレジスト15を形成する。

次に、図3Cに示すように、フォトレジスト15をマスクとしてシリコン窒化膜13にドライエッチングを行い、フォトレジスト15のパターンをシリコン窒化膜13に転写してから、フォトレジスト15を除去する。

次に、図3Dに示すように、シリコン窒化膜13をマスクとしてシリコン基板14にエッチングを行い、メンブレン形成領域のシリコン基板14を除去する。これにより、シリコン基板14からなるフレーム6が形成される。このエッチングは、例えば水酸化カリウム(KOH)またはテトラメチルアンモニウムヒドロキシド(TMAH)を用いたウェットエッチングや、フッ素系ガスを用いたドライエッチングにより行うことができる。シリコン基板14のエッチングにおいて、シリコン酸化膜7はエッチングストッパー層となる。

次に、図3Eに示すように、シリコン窒化膜12、13を除去する。シリコン窒化膜12、13は、例えば熱リン酸を用いたウェットエッチングにより除去できる。

次に、図3Fに示すように、シリコン層5の表面にフォトレジストを塗布してから、露光・現像を行い、イオン注入用パターンで窓を有するフォトレジスト16を形成する。

次に、図3Gに示すように、フォトレジスト16をマスクとしてシリコン層5にドライエッチングを行い、フォトレジスト16のパターンをシリコン層5に転写する。これにより、シリコン層5に孔4が形成される。その後、フォトレジスト16を除去する。

次に、図3Hに示すように、シリコン酸化膜7に裏面側(フレーム6側)からドライエッチングまたはウェットエッチングを行い、メンブレン部分のシリコン酸化膜7を除去する。このドライエッチングには、例えばCF<sub>4</sub>を用いることが



できる。ウェットエッチングには、例えばフッ酸 (HF) を用いることができる。  
以上の工程により、孔 4 を有するメンブレン 2 が形成される。

但し、上記の図 3 F ~ 図 3 H に示す工程は、以下のように変更することもできる。  
図 3 E に示すように、シリコン窒化膜 1 2、1 3 を除去した後、図 3 I に示  
5 すように、シリコン酸化膜 7 に裏面側 (フレーム 6 側) からドライエッチングま  
たはウェットエッチングを行い、メンブレン部分のシリコン酸化膜 7 を除去する。  
このドライエッチングには、例えば  $CF_4$  を用いることができる。ウェットエッ  
チングには、例えばフッ酸 (HF) を用いることができる。

次に、図 3 J に示すように、シリコン層 5 の表面にフォトレジストを塗布して  
10 から、露光・現像を行い、イオン注入用パターンで窓を有するフォトレジスト 1  
6 を形成する。

次に、フォトレジスト 1 6 をマスクとしてシリコン層 5 にドライエッチングを  
行い、フォトレジスト 1 6 のパターンをシリコン層 5 に転写する。これにより、  
シリコン層 5 に孔 4 が形成される。その後、フォトレジスト 1 6 を除去すること  
15 により、図 3 H に示すように、孔 4 を有するメンブレン 2 が形成される。以上の  
ように、孔 4 の形成前にメンブレン部分のシリコン酸化膜 7 を除去してもよい。

次に、図 3 K に示すように、メンブレン 2 のイオンビームが入射する側の面に  
保護膜 3 を貼着する。ここで、保護膜 3 としては PMMA があらかじめフィルム  
状に成形され、メンブレン 2 が覆われるサイズに裁断されたものを用いる。保護  
20 膜 3 のサイズは必ずしもメンブレン 2 と同じでなくてもよく、メンブレン 2 のイ  
オンビームが入射する部分が覆われればよい。保護膜 3 の厚さは、ステンシルマ  
スクが用いられるイオン注入工程のイオン打ち込み加速エネルギーに応じて決定  
する。

例えば、加速エネルギーが 1 MeV のとき、保護膜 3 の厚さは 2 ~ 5  $\mu m$  程度  
25 必要とされる。但し、必要とされる保護膜 3 の厚さは、打ち込まれるイオンの種  
類によっても変化する。また、必要とされる保護膜 3 の厚さは、一般に加速エネ

ルギーに比例する。

次に、図3Lに示すように、メンブレン2の保護膜3と反対側の面に波長356nmの紫外線(i線)を照射する。但し、保護膜3が感光性を持てば、i線以外の紫外線を照射してもよい。あるいは、電子線等の荷電粒子線を照射してもよい。照射されたi線はメンブレン2で遮断され、孔4部分の保護膜3のみが露光される。

その後、保護膜3の現像を行うことにより、図3Lに示す工程で露光された部分の保護膜3が可溶化され、メンブレン2の孔4に自己整合的に孔が形成される。以上の工程により、図2に示す本実施形態のステンスルマスク1が得られる。

10 上記のように保護膜3に露光および現像を行って孔4を形成するかわりに、保護膜3にドライエッチングを行って孔4を形成することもできる。この場合、図3Kに示すように保護膜3を貼着した後、メンブレン2の保護膜3と反対側の面から酸素プラズマを当て、保護膜3に孔4を形成する。このドライエッチングには、メンブレン2の材料であるシリコンに対して不活性であり、かつ保護膜3の  
15 材料であるPMMA等の有機樹脂に対して活性なエッチングガスを用いる。このようなエッチングガスとしては、例えば酸素が挙げられる。

## 実施形態2

図4は本実施形態のマスクの断面図である。ステンスルマスク21はメンブレン22として積層膜が用いられる。ここでは、メンブレン22が第1の薄膜であるポリシリコン層23と第2の薄膜であるシリコン窒化膜24の2層から構成される。ポリシリコン層23とシリコン窒化膜24にはステンスルマスクの製造過程で、イオン注入による応力制御がなされる。メンブレン22にはイオンビームが通過する孔25が形成されている。イオンビームはポリシリコン層23側に入射して、孔25を透過した後、シリコン窒化膜24側に配置された半導体基板の  
25 所望の位置に打ち込まれる。

メンブレン22はフレーム26によって支持されている。ポリシリコン層23

とフレーム 26 の間のシリコン酸化膜 27 は、フレーム 26 を形成する工程でエッチングストッパー層として用いられる。ポリシリコン層 23 はステンスルマスク 21 をイオン注入に用いる際に、打ち込まれるイオンを止めるのに十分な厚さで形成する。

- 5 次に、上記の本実施形態のマスクの製造方法について、図 5 を参照して説明する。まず、図 5 A に示すように、シリコン基板 31 上にシリコン酸化膜 27 を形成し、その上層にポリシリコン層 23 を形成する。シリコン酸化膜 27 は例えば厚さ 100 nm 程度で形成する。

- 10 ポリシリコン層 23 の厚さは例えば 10  $\mu\text{m}$  とする。ポリシリコン層 23 の厚さは、ステンスルマスク 21 が用いられるイオン注入のイオン打ち込み加速エネルギーに応じて設定する。打ち込まれるイオンの種類によっても多少変化するが、加速エネルギーが 1 MeV のとき、一般に、ポリシリコン層 23 は 1 ~ 5  $\mu\text{m}$  程度の厚さで形成する。必要とされるポリシリコン層 23 の厚さは、イオン打ち込み加速エネルギーに比例する。

- 15 次に、図 5 B に示すように、ポリシリコン層 23 に所定のドーズ量でイオン注入を行い、内部応力をほぼゼロにしておく。一般に、母材を構成する原子よりも半径の大きいイオンを打ち込むと圧縮方向に、半径の小さいイオンを打ち込むと引っ張り方向に、内部応力がそれぞれ変化する。イオンの打ち込み量と内部応力の関係は実験的によく調べられており、理論的なモデルも立てられている（例えば、A. Degen et al., Proc. SPIE 3997, 395 (2000) 参照）。

- 20 ポリシリコン層 23 にイオン注入を行った後、アニールを行ってポリシリコン層 23 の結晶性を回復させる。また、アニールを行うことによりポリシリコン層 23 内にイオンが均一に拡散する。ポリシリコン層 23 の内部応力をほぼゼロにしておくことにより、ステンスルマスク 21 をイオン注入に用いる際に、ポリシリコン層 23 にイオンが打ち込まれても、メンブレンの変形を最小限に抑えることができる。これにより、ステンスルマスク 21 のパターンの歪みや、内部応力

の不均一に起因するメンブレンの損傷を防止できる。

次に、図 5 C に示すように、積層体の両面にシリコン窒化膜 2 4、3 2 を形成する。シリコン窒化膜 2 4 によりメンブレン 2 2 部分（図 4 参照）のポリシリコン層 2 3 が支持される。シリコン窒化膜 2 4 の厚さおよび内部応力がそれぞれ所定の値に満たない場合、メンブレンがたわみ、パターンの歪みが発生する。

シリコン窒化膜 2 4 に必要な厚さおよび内部応力は、メンブレンサイズに応じて決定される。例えば、メンブレンサイズが 2 0 mm 角の場合、メンブレンにたわみが生じないようにするには、シリコン窒化膜 2 4 の厚さを 5 0 0 nm、内部応力を 1 0 MP a とする必要がある。

10     シリコン窒化膜 2 4 の内部応力がこの値となるように、図 5 D に示すように、シリコン窒化膜 2 4 にイオン注入を行う。その後、アニールを行ってシリコン窒化膜 2 4 内のイオン濃度を均一にする。ポリシリコン層 2 3 およびシリコン窒化膜 2 4 に打ち込まれるイオンとしては、例えばリン、ホウ素、ヒ素等が挙げられる。

15     なお、第 1 の薄膜および第 2 の薄膜の材質を変更した場合には、必ずしも第 1 の薄膜と第 2 の薄膜の両方に、内部応力を調整するためのイオン注入とその後のアニールを行う必要はなく、メンブレンの内部応力を所望の値に制御できる限り、第 1 の薄膜と第 2 の薄膜のいずれか一方にイオン注入とアニールを行ってもよい。

20     次に、図 5 E に示すように、シリコン基板 3 1 の裏面側のシリコン窒化膜 3 2 上に、フレーム 2 6（図 4 参照）のパターンでレジストを形成し、レジストをマスクとしてシリコン窒化膜 3 2 にエッチングを行う。その後、レジストを除去する。

25     次に、図 5 F に示すように、シリコン窒化膜 3 2 をマスクとしてシリコン基板 3 1 にエッチングを行う。これにより、フレーム 2 6 が形成される。シリコン基板 3 1 のエッチングは、実施形態 1 と同様にウェットエッチングまたはドライエッチングにより行う。ここで、シリコン酸化膜 2 7 はエッチングストッパー層と

して用いられる。

次に、図5 Gに示すように、シリコン窒化膜2 4およびポリシリコン層2 3にドライエッチングを行い、孔2 5を形成する。このエッチングは、シリコン窒化膜2 4上にレジストを形成し、レジストをマスクとして行う。エッチング後、シ

5 リコン窒化膜2 4上のレジストを除去する。

その後、シリコン酸化膜2 7にフレーム2 6が形成されている側からドライエッチングまたはウェットエッチングを行う。これにより、メンブレン2 2部分のシリコン酸化膜2 7が除去され、図4に示すステンシルマスク2 1が得られる。

また、図5 Fに示すように、シリコン基板3 1にエッチングを行った後、孔2  
10 5を形成する前に、メンブレン部分のシリコン酸化膜2 7を除去してもよい。この場合、図5 Hに示すように、シリコン酸化膜2 7に裏面側（フレーム2 6側）からドライエッチングまたはウェットエッチングを行い、メンブレン部分のシリコン酸化膜2 7を除去する。このドライエッチングには、例えば $\text{CF}_4$ を用いることができる。ウェットエッチングには、例えばフッ酸（ $\text{HF}$ ）を用いることが  
15 できる。

その後、シリコン窒化膜2 4上にレジストを形成し、レジストをマスクとしてシリコン窒化膜2 4およびポリシリコン層2 3にドライエッチングを行って、孔2 5を形成してから、レジストを除去する。このようにして、孔2 5を有するメンブレン2 2を形成してもよい。

20 上記の本発明の実施形態のマスクによれば、メンブレン2 2を構成するポリシリコン層2 3がイオン打ち込み加速エネルギーを吸収するのに十分な厚さで形成される。また、ポリシリコン層2 3とシリコン窒化膜2 4の内部応力がイオン注入によって最適化されている。これにより、マスクをイオン注入に用いた際に、打ち込まれるイオンによってメンブレンが損傷するのを防止できる。

### 25 実施形態3

本実施形態の半導体装置の製造方法は、上記の実施形態1のステンシルマスク

を用いて、レジストを用いずにイオン注入を行う工程を含む。図6に、本実施形態の半導体装置の製造方法のフローチャートを示す。図6に示すように、ステップ1 (ST1) で、マスクの薄膜に孔を形成する。ステップ2 (ST2) で、薄膜上に保護膜を形成する。ステップ3 (ST3) で、孔部分の保護膜を除去する。

- 5    ステップ4 (ST4) で、マスクを介して半導体基板にイオン注入を行う。
- ステップ5 (ST5) で、イオンビームにより保護膜が劣化していれば、ステップ6 (ST6) で保護膜を除去する。保護膜は、例えば酸素プラズマによるアッシングおよび洗浄処理を行うことにより剥離できる。保護膜が除去された薄膜には、再度、図3K~3Lに示す工程に従って保護膜が形成され (ステップ2)、
- 10    以降のイオン注入工程にマスクが用いられる。ステップ5で、イオンビームにより保護膜が劣化していなければ、マスクを再度、イオン注入工程 (ステップ4) に用いる。

- 実施形態1のステンスルマスクを用いてイオン注入を行った場合、イオンは保護膜3によって止められる。したがって、メンブレン2の劣化が防止される。すなわち、マスクの長寿命化や繰り返し利用が可能となり、半導体装置の製造コストを低減できる。
- 15    また、本実施形態の半導体装置の製造方法によれば、レジスト形成のためのリソグラフィ工程や、イオン注入後のレジスト剥離工程が不要であり、半導体装置製造のターンアラウンドタイム (TAT) が短縮され、製造コストも大幅に低

- 20    減できる。

#### 実施形態4

本実施形態の半導体装置の製造方法は、上記の実施形態2のステンスルマスクを用いて、レジストを用いずにイオン注入を行う工程を含む。図7に、本実施形態の半導体装置の製造方法のフローチャートを示す。図7に示すように、ステップ1 (ST1) で、内部応力が調整された薄膜を有するマスクを作製する。ステップ2 (ST2) で、マスクを介して半導体基板にイオン注入を行う。ステップ

25

3 (ST3) で、イオンビームによりメンブレンが劣化していなければ、マスクを再度、イオン注入工程 (ステップ2) に用いる。ステップ3で、イオンビームによりメンブレンが劣化していれば、ステップ4 (ST4) でマスクを廃棄する。

5 実施形態2のステンスルマスクを用いてイオン注入を行った場合、イオンはポリシリコン層23によって止められる。メンブレン22の内部応力が適切に制御されていることから、ポリシリコン層23にイオンが打ち込まれた場合にもメンブレン22の劣化が防止される。これにより、マスクの長寿命化や繰り返し利用が可能となり、半導体装置の製造コストを低減できる。

10 また、本実施形態の半導体装置の製造方法によれば、レジスト形成のためのリソグラフィ工程や、イオン注入後のレジスト剥離工程が不要であり、半導体装置製造のTATが短縮され、製造コストも大幅に低減できる。

15 本発明のマスクおよびその製造方法と半導体装置の製造方法の実施形態は、上記の説明に限定されない。例えば、本発明のマスクを荷電粒子線が用いられる他のプロセス、例えばイオンビームリソグラフィあるいは電子ビームリソグラフィに用いることも可能である。また、荷電粒子線のかわりにX線、EUV (Extreme Ultraviolet) 光、紫外線、光といった電磁波を、所定のマスクパターンで露光対象物に照射するプロセスに、本発明のマスクを適宜使用することもできる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

20 本発明のマスクによれば、荷電粒子線が照射されるマスクの耐久性が向上する。本発明のマスクの製造方法によれば、荷電粒子線に対して十分な強度を有するマスクを製造することが可能となる。

本発明の半導体装置の製造方法によれば、イオン注入工程に必要なコストおよび時間を大幅に削減できる。

## 請 求 の 範 囲

## 1. 薄膜と、

前記薄膜上の一部に形成された保護膜と、

## 5 前記薄膜上に前記保護膜を囲むように形成された支持枠と、

前記薄膜および保護膜に形成され、前記保護膜側に入射する荷電粒子線または電磁波を透過させる孔とを有する

マスク。

## 2. 前記荷電粒子線はイオンビームである

## 10 請求項 1 記載のマスク。

3. 前記保護膜の厚さは、前記マスクが用いられるイオン注入工程のイオン打ち込み加速エネルギーに応じて決定されている

請求項 1 記載のマスク。

## 4. 前記保護膜の材料は感光性樹脂を含む

## 15 請求項 1 記載のマスク。

## 5. 第 1 の薄膜と、

前記第 1 の薄膜の第 1 面上の一部に形成された支持枠と、

前記第 1 の薄膜の第 2 面に形成された第 2 の薄膜と、

前記支持枠で囲まれた部分の前記第 1 および第 2 の薄膜に形成され、前記

## 20 第 1 面側に入射する荷電粒子線または電磁波を透過させる孔とを有し、

前記第 1 の薄膜と前記第 2 の薄膜の少なくとも一方に、内部応力を制御するように不純物が導入されている

マスク。

## 6. 前記荷電粒子線はイオンビームである

## 25 請求項 5 記載のマスク。

7. 前記第 1 の薄膜の厚さは、前記マスクが用いられるイオン注入工程のイオ



ン打ち込み加速エネルギーに応じて決定されている

請求項 5 記載のマスク。

8. 前記第 2 の薄膜の厚さおよび前記内部応力は、前記支持枠で囲まれた部分の大きさに応じて決定されている

5 請求項 5 記載のマスク。

9. 前記不純物はイオン注入により導入され、前記不純物を前記第 1 の薄膜と前記第 2 の薄膜の少なくとも一方に導入する前記イオン注入の後、アニールが行われている

請求項 5 記載のマスク。

10 10. 基材上に犠牲膜を介して薄膜を形成する工程と、

前記基材の一部を前記犠牲膜が露出するまで除去し、前記基材からなる支持枠を形成する工程と、

前記支持枠が形成されていない部分の前記薄膜に第 1 の孔を形成する工程と、

15 前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程と、

前記薄膜の前記支持枠側の第 1 面であって、前記支持枠が形成されていない部分に保護膜を形成する工程と、

前記第 1 の孔に自己整合的に前記保護膜に第 2 の孔を形成する工程とを有する

20 マスクの製造方法。

11. 前記保護膜を形成する工程は、感光性樹脂フィルムを貼着する工程を含み、

前記第 2 の孔を形成する工程は、前記薄膜の第 2 面側から前記第 1 の孔を介して前記保護膜に露光する工程と、

25 前記保護膜を現像して露光部分を除去する工程とを有する

請求項 10 記載のマスクの製造方法。

12. 前記第2の孔を形成する工程は、前記薄膜をマスクとして前記保護膜にエッチングを行う工程を有する

請求項10記載のマスクの製造方法。

5 13. 前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程を、前記第1の孔を形成する後に行う

請求項10記載のマスクの製造方法。

14. 基材上に犠牲膜を介して第1の薄膜を形成する工程と、

前記第1の薄膜に不純物を注入し、前記第1の薄膜の内部応力を調整する工程と、

10 前記第1の薄膜上に第2の薄膜を形成する工程と、

前記基材の一部を前記犠牲膜が露出するまで除去し、前記基材からなる支持枠を形成する工程と、

前記支持枠が形成されていない部分の前記第1および第2の薄膜に孔を形成する工程と、

15 前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程とを有する

マスクの製造方法。

15. 前記第2の薄膜を形成した後、前記支持枠を形成する前に、前記第2の薄膜に不純物を注入し、前記第2の薄膜の内部応力を調整する工程をさらに有す

20 る

請求項14記載のマスクの製造方法。

16. 前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程を、前記孔を形成する工程の前に行う

請求項14記載のマスクの製造方法。

25 17. 基材上に犠牲膜を介して第1の薄膜を形成する工程と、

前記第1の薄膜上に第2の薄膜を形成する工程と、

前記第 2 の薄膜に不純物を注入し、前記第 2 の薄膜の内部応力を調整する工程と、

前記基材の一部を前記犠牲膜が露出するまで除去し、前記基材からなる支持枠を形成する工程と、

- 5 前記支持枠が形成されていない部分の前記第 1 および第 2 の薄膜に孔を形成する工程と、

前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程とを有する

マスクの製造方法。

- 10 18. 前記支持枠が形成されていない部分の前記犠牲膜を除去する工程を、前記孔を形成する工程の前に行う

請求項 17 記載のマスクの製造方法。

19. 半導体基板の所望の領域にマスクを介してイオン注入を行う工程を含む半導体装置の製造方法であって、

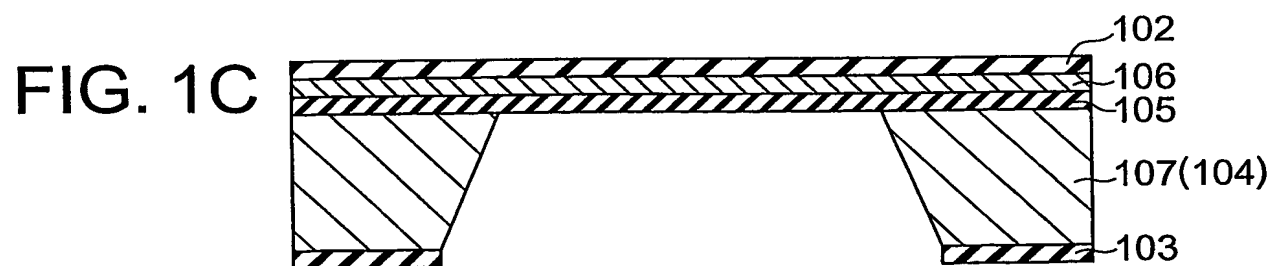
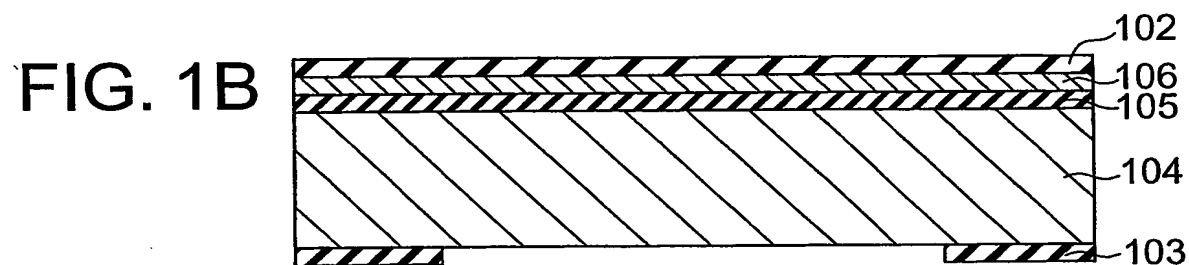
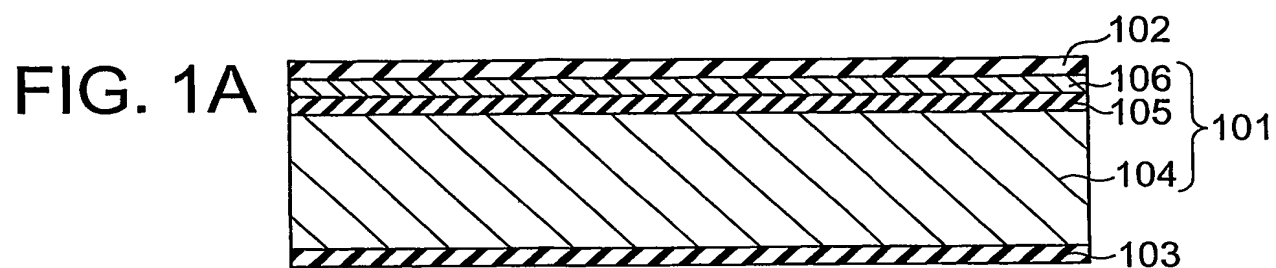
- 15 前記マスクとして、薄膜と、  
前記薄膜上の一部に形成された保護膜と、  
前記薄膜上に前記保護膜を囲むように形成された支持枠と、  
前記薄膜および保護膜に形成された孔とを有するマスクを用いる  
半導体装置の製造方法。

- 20 20. 半導体基板の所望の領域にマスクを介してイオン注入を行う工程を含む半導体装置の製造方法であって、

前記マスクとして、第 1 の薄膜と、  
前記第 1 の薄膜の第 1 面上の一部に形成された支持枠と、  
前記第 1 の薄膜の第 2 面に形成された第 2 の薄膜と、

- 25 前記支持枠で囲まれた部分の前記第 1 および第 2 の薄膜に形成され、前記第 1 面側に入射するイオンビームを透過させる孔とを有し、

前記第 1 の薄膜と前記第 2 の薄膜の少なくとも一方に、内部応力を制御するように不純物が導入されているマスクを用いる  
半導体装置の製造方法。



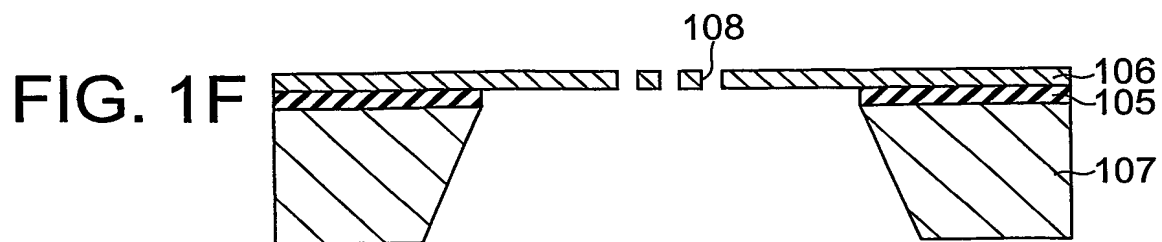
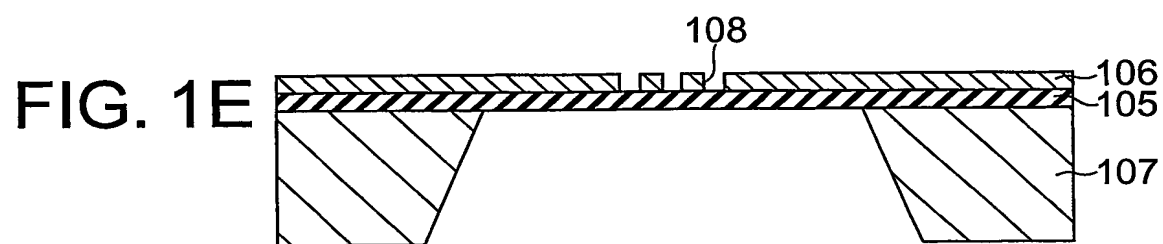
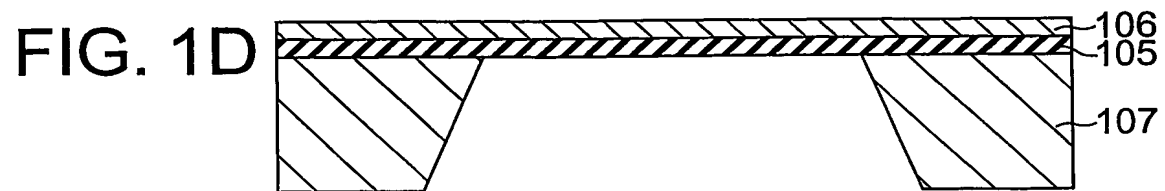


FIG. 2

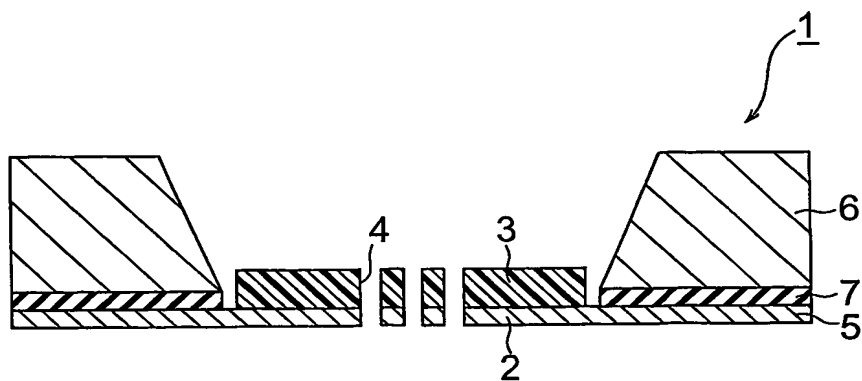


FIG. 3A

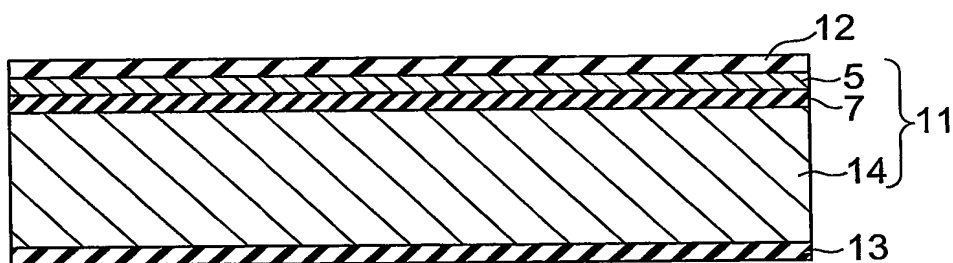
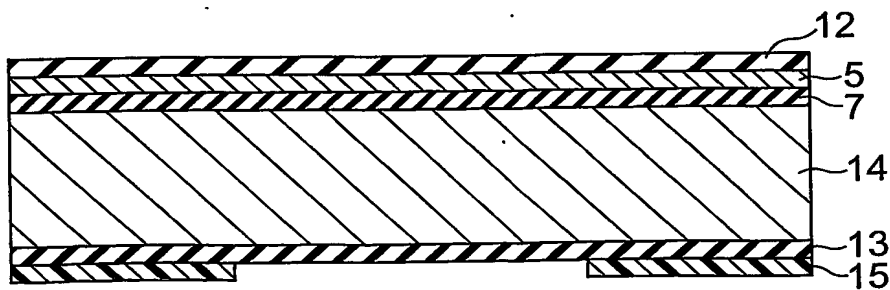
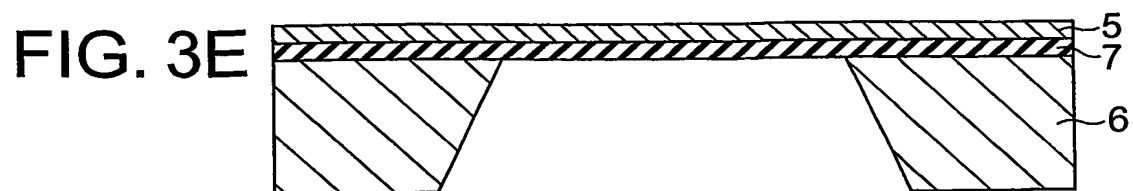
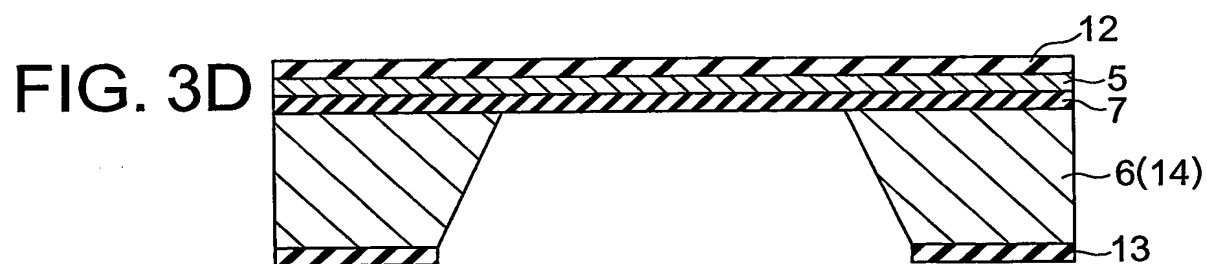
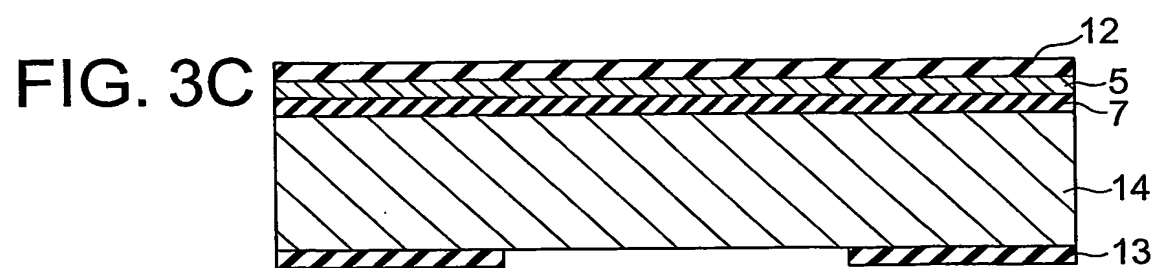


FIG. 3B







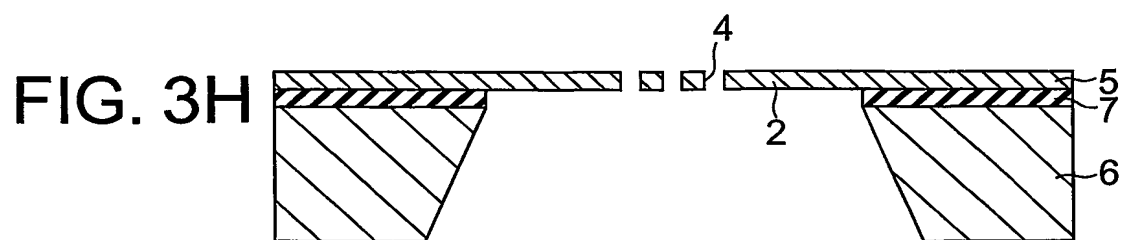
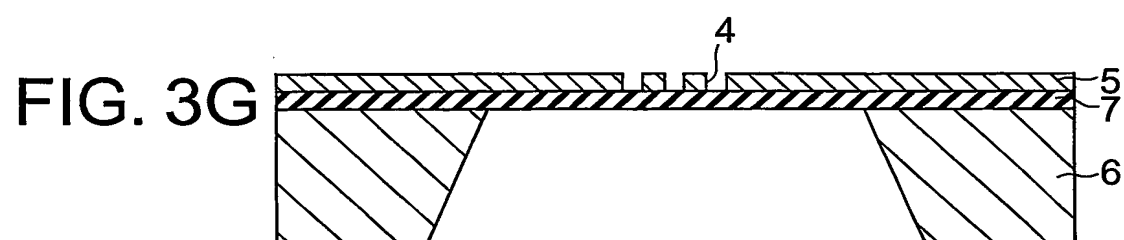
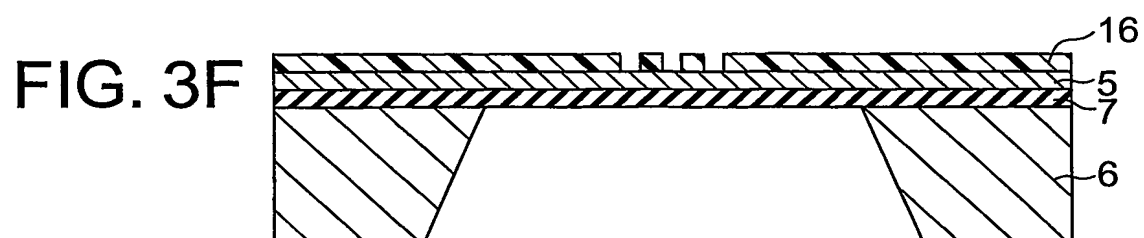


FIG. 3I

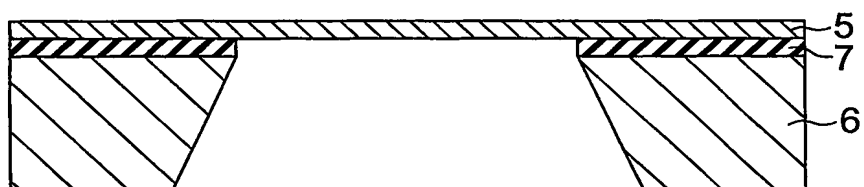


FIG. 3J

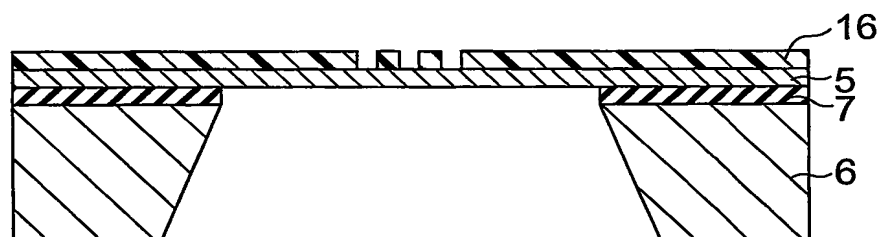


FIG. 3K

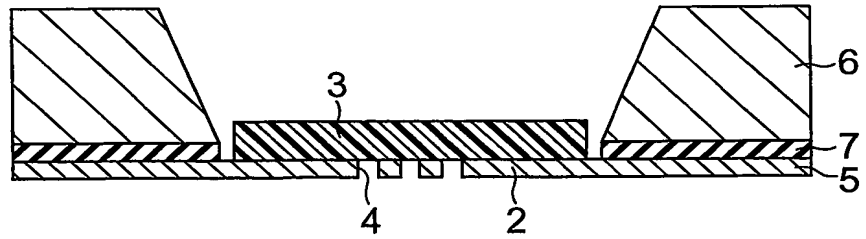


FIG. 3L

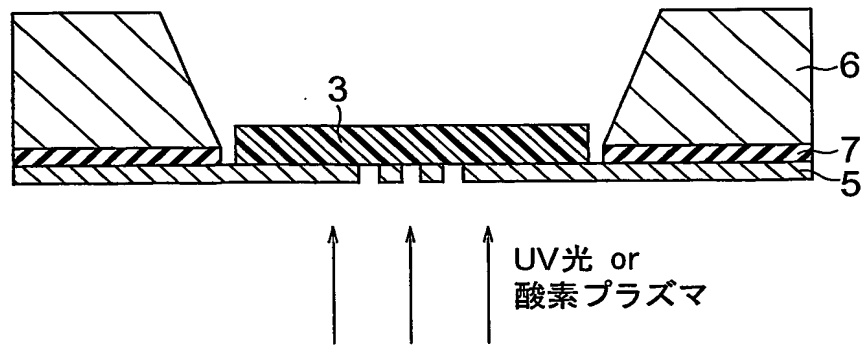


FIG. 4

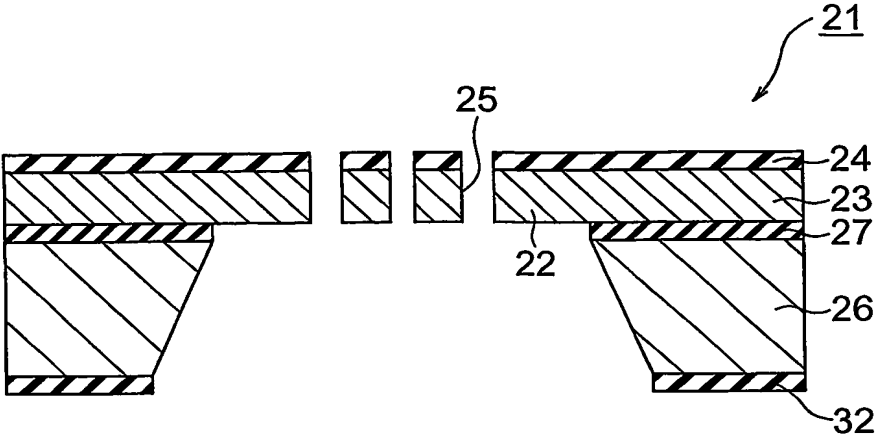
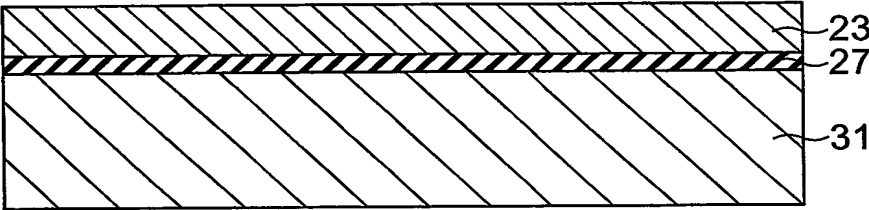


FIG. 5A



↓ ↓ ↓ イオン注入

FIG. 5B

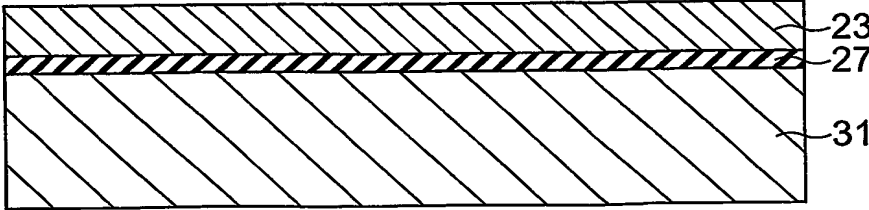


FIG. 5C

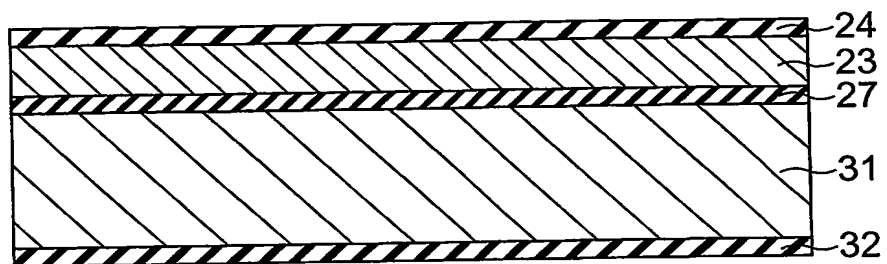
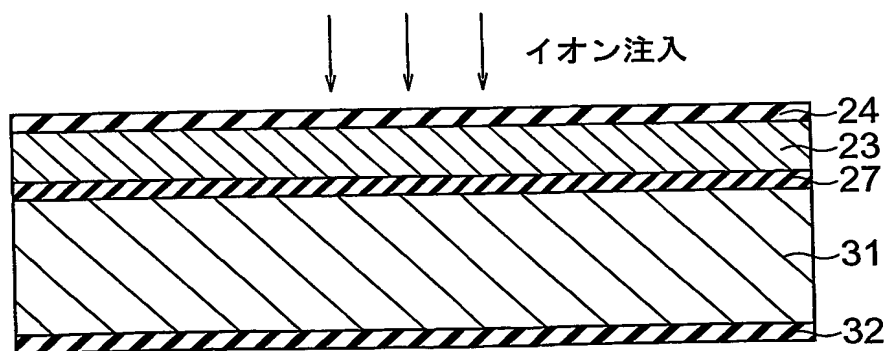
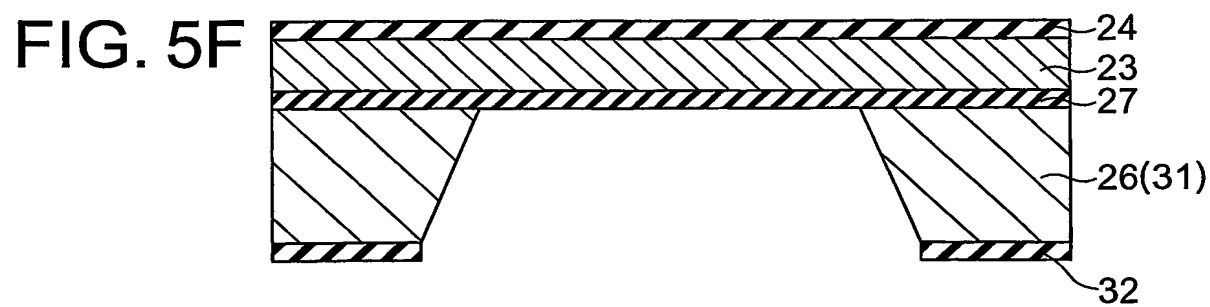
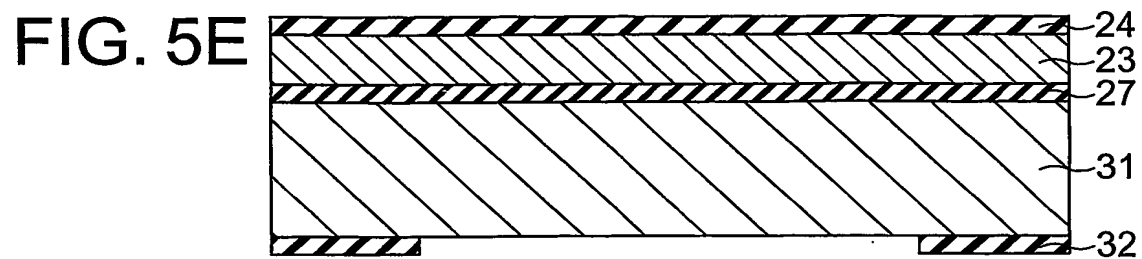


FIG. 5D





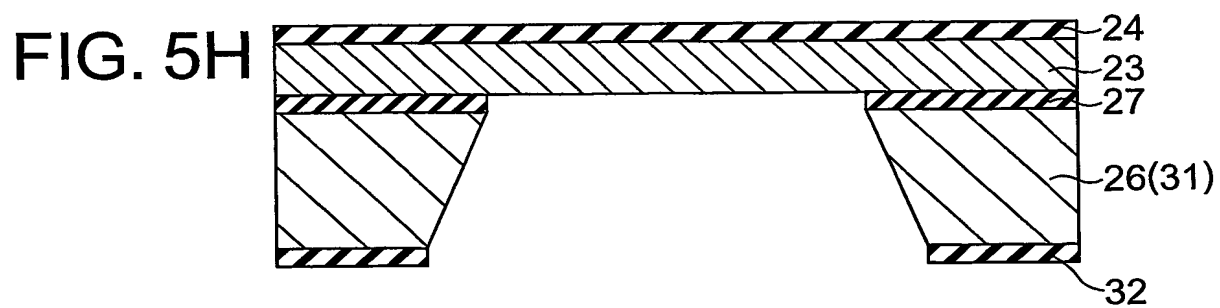
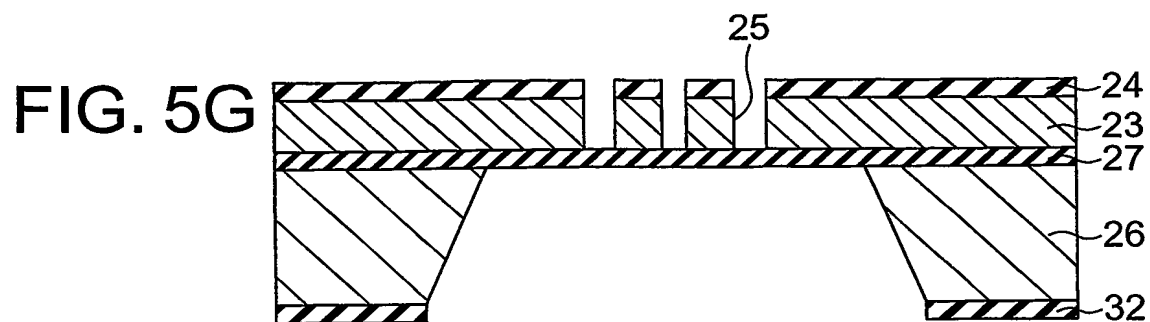


FIG. 6

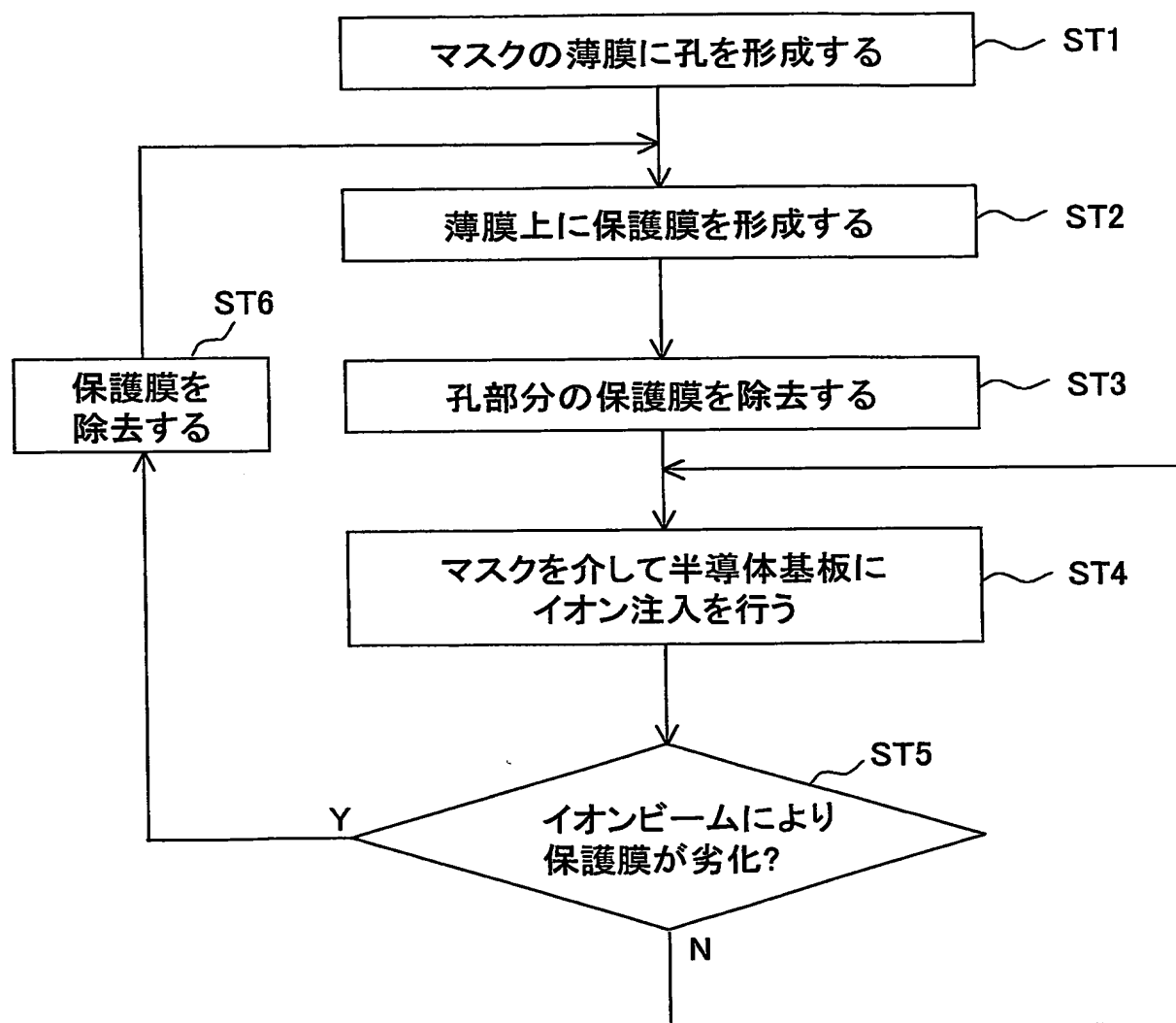
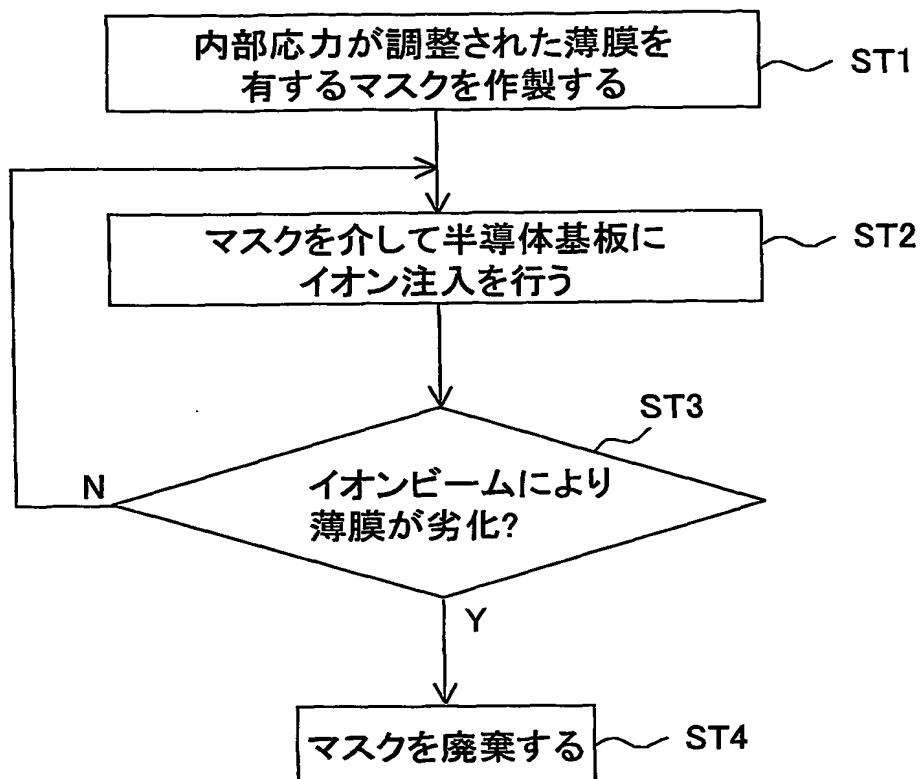




FIG. 7



## 符号の説明

- 1、21…ステンシルマスク
- 2、22…メンブレン
- 3…保護膜
- 4、25、108…孔
- 5、106…シリコン層
- 6、26、107…フレーム
- 7、27、105…シリコン酸化膜
- 11、101…SOI基板
- 12、13、24、32、102、103…シリコン窒化膜
- 14、31、104…シリコン基板
- 15、16…フォトレジスト
- 23…ポリシリコン層

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/JP03/07377

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/265

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326, C23C14/00-14/58,  
H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 4-243118 A (Fujitsu Ltd.), 31 August, 1992 (31.08.92), Full text; Figs. 1 to 12 (Family: none)	1, 2, 10, 12, 13 14-16, 19 3, 4, 11
X Y A	US 5728492 A (NIKON CORP.), 17 March, 1998 (17.03.98), Full text; Figs. 1 to 9 & JP 9-34103 A Full text; Figs. 1 to 9	1, 2 19 3, 4, 10-13
Y A	JP 58-106822 A (Hitachi, Ltd.), 25 June, 1983 (25.06.83), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	5-9, 14-16, 19, 20 17, 18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search  
21 August, 2003 (21.08.03)

Date of mailing of the international search report  
09 September, 2003 (09.09.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/JP03/07377

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/0058400 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA), 16 May, 2002 (16.05.02), Full text; Figs. 1 to 39 & JP 2002-203806 A Full text; Figs. 1 to 42	5-9, 14-16, 20
Y	US 4448865 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.), 15 May, 1984 (15.05.84), Full text; Figs. 1 to 2 & JP 58-190029 A Full text; Figs. 1 to 2 & DE 3176643 D & EP 78336 A1	5-9, 14-16, 20
A	US 6319636 B1 (HYUNDAI ELECTRONICS INDUSTRIES CO., LTD.), 20 November, 2001 (20.11.01), Full text; Figs. 1 to 4 & JP 2000-195790 A Full text; Figs. 1 to 4 & KR 42878 A	5-9, 14-18, 20
A	JP 10-207045 A (Nikon Corp.), 07 August, 1998 (07.08.98), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-4, 10-13, 19

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/265

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326,  
C23C14/00-14/58, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 4-243118 A (富士通株式会社) 1992.08.31, 全文, 第1-12図 (ファミリーなし)	1, 2, 10, 12, 13 14-16, 19 3, 4, 11
X Y A	US 5728492 A (NIKON CORPORATIO N) 1998.03.17, 全文, 第1-9図 & JP 9-34103 A, 全文, 第1-9図	1, 2 19 3, 4, 10-13

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.08.03

国際調査報告の発送日

09.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

萩原 周治

4 L

9835

電話番号 03-3581-1101 内線 3496

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 58-106822 A (株式会社日立製作所) 1983. 06. 25, 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	5-9, 14-16, 19, 20 17, 18
Y	US 2002/0058400 A1 (KABUSHIKI K AISHA TOSHIBA) 2002. 05. 16, 全文, 第1-39図 & JP 2002-203806 A, 全文, 第1-42図	5-9, 14-16, 20
Y	US 4448865 A (INTERNATIONAL BUS INESS MACHINES CORPORATION) 1984. 05. 15, 全文, 第1-2図 & JP 58-190029 A, 全文, 第1-2図 & DE 3176643 D & EP 78336 A1	5-9, 14-16, 20
A	US 6319636 B1 (HYUNDAI ELECTRON ICS INDUSTRIES CO., LTD.) 2001. 11. 20, 全文, 第1-4図 & JP 2000-195790 A, 全文, 第1-4図 & KR 42878 A	5-9, 14-18, 20
A	JP 10-207045 A (株式会社ニコン) 1998. 08. 07, 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1-4, 10-13, 19

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**